

# Interaktive, multiperspektivische Ansichten für geovirtuelle 3D-Umgebungen

Haik Lorenz, Matthias Trapp, Jürgen Döllner; Potsdam

In diesem Beitrag werden Visualisierungstechniken vorgestellt, die auf den Gestaltungsprinzipien von Panoramakarten und Detail- und Überblicksdarstellungen beruhen. Die Techniken generieren multiperspektivische Ansichten für geovirtuelle 3D-Umgebungen, insbesondere für zwei häufig benötigte Ansichtsformen, die Vogelperspektive und die Fußgängerperspektive. Die Techniken tragen dazu bei, die Bandbreite der computer-gestützten, interaktiven 3D-Darstellungen zur Visualisierung von virtuellen 3D-Raummodellen zu erweitern und die Effektivität raumbezogener Informationsdarstellungen im Hinblick auf Ortsbewusstsein und Informationsgehalt zu verbessern.

■ **Schlüsselbegriffe:** Visualisierung, 3D-Umgebungen, Panoramakarten, Multiperspektiven

*This contribution presents two interactive visualization techniques based on principles of panorama maps and detail-and-overview visualizations. The techniques generate multi-perspective views of geovirtual 3D environments for two common viewing modes, the bird's eye view and the pedestrian's view. The techniques help to enlarge the bandwidth of computer-generated, interactive 3D presentations for visualizing virtual 3D spatial models and improve the effectivity of spatial information visualization regarding location-awareness and information contents.*

■ **Keywords:** visualization, 3D environments, panorama maps, multi-perspectives

## 1 Einführung

Geovirtuelle 3D-Umgebungen entwickeln sich zu leistungsstarken Werkzeugen für die Kommunikation von und Arbeit mit komplexen raumbezogenen Informationen in vielen kommerziellen und wissenschaftlichen Anwendungsfeldern. In herausragender Weise prägen sie mittlerweile die Benutzungsschnittstellen raumbezogener Informationsdienste, deren Vertreter, wie z. B. Google Earth oder Virtual Earth, als Standardkomponenten von einer breiten Nutzerbasis alltäglich und fachspezifisch verwendet werden.

Geovirtuelle 3D-Umgebungen beruhen auf 3D-Raummodellen, z. B. in Form virtueller 3D-Stadtmodelle. Sie bieten ins-

besondere einen technischen Rahmen für Analyse-, Planungs-, Simulations- und Visualisierungsaufgaben. Die hierbei benötigten 3D-Darstellungen müssen verschiedenen – technischen, gebrauchstauglichen, ästhetischen – Ansprüchen genügen. In diesem Beitrag wird ein Ansatz vorgestellt, der die Art und Weise der 3D-Projektion, die für solche 3D-Darstellungen verwendet wird, untersucht und hierfür neuartige, interaktive Visualisierungstechniken vorstellt.

Die 3D-Darstellung geovirtueller 3D-Umgebungen verwendet die in der Computergrafik bereits in den Anfangsjahren konzeptionell und technisch wohldefinierte perspektivische Projektion. Diese Darstellung wird seit langem von der 3D-Grafik-

hardware explizit unterstützt, ermöglicht 3D-Darstellungen in Echtzeit und deckt weite Anforderungen vieler Anwendungsfelder im 3D-Bereich ab. Da technisch gesetzt, wurde diese Projektionsform jedoch kaum (Brosz, 2007) grundlegend von Seite der Computergrafik reflektiert. Perspektivische Projektionen führen im Allgemeinen zu Verdeckungen, stark variierenden Objektskalierungen sowie einem begrenzten nutzbaren Sichtfeld (Jobst, 2008) – Nachteile, die durch die Interaktionsmöglichkeiten des Nutzers teilweise kompensiert werden können.

Ein anderer Weg, diese Probleme zu adressieren, besteht darin, die Projektionsmethode zu erweitern. In dem hier vorgestellten Ansatz werden multiperspektivische Projektionen verwendet, die unterschiedliche perspektivische Betrachtungsstandpunkte in einem einzigen Ergebnisbild integrieren (Yu, 2004). Dadurch können insbesondere Verdeckungen besser aufgelöst, Objektskalierungen gezielt gesteuert sowie zusätzliche Bereiche einer 3D-Umgebung sichtbar gemacht werden. Multiperspektivische Ansichten ermöglichen so eine detaillierte visuelle Repräsentation ausgewählter Bereiche bei gleichzeitiger Erweiterung des Sichtfelds. Darüber hinaus tragen sie dazu bei, den vorhandenen Bildraum effektiver zu nutzen, d.h. den Informationsgehalt zu erhöhen (Keahey, 1998).

## 1.1 Multiperspektivische Ansichten

Multiperspektivische Ansichten wurden bereits im 11. Jahrhundert von chinesischen Landschaftsmalern verwendet (Val-lance, 2001). Die kartographische Nutzung dieses Ansatzes führte zur Entwicklung sogenannter *Panoramakarten*, wobei der österreichische Künstler H. C. Berann als Wegbereiter für einen speziellen Typ dieser Karten gilt. Anfang der 30er-Jahre kreierte er einen Deformations- und Malstil (siehe Abb. 1), der heute als „Berann-Panorama“ bekannt ist. Dieser Stil kombiniert nahtlos eine vogelperspektivische Darstellung wichtiger Bereiche mit einem aus niedriger Perspektive gezeichneten Horizont. Die ge-



Abb. 1: Beispiel einer von H.C. Berann gestalteten Panoramakarte (verwendet mit Erlaubnis).

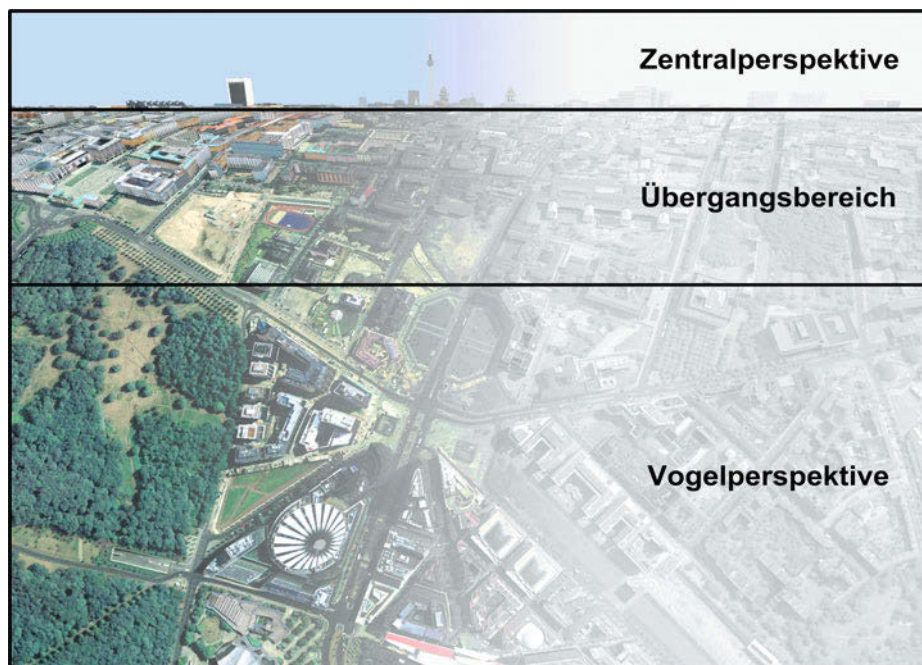


Abb. 2: Bildbereiche der progressiven Perspektive.

samte Landschaft ist im „natürlichen Realismus“ (Patterson, 2000) dargestellt, während Schlüsselinformationen abstrakt illustriert sind. Die unterschiedliche visuelle Gestaltung trägt dazu bei, dass Schlüsselinformationen, die zusätzlich durch die Vogelperspektive weitgehend frei von Verdeckung dargestellt werden, besser

erfasst werden können. Gleichzeitig kann sich der Kartenleser anhand der Landmarken, die am Horizont sichtbar werden, orientieren.

Im Allgemeinen erfordert die Erstellung solcher Panoramakarten einen erfahrenen Künstler und viel Zeit. Der Erstellungsprozess umfasst die Wahl geeigneter

Blickpunkte, eine geeignete Generalisierung der Landschaft, die Identifikation und Integration von Landmarken sowie die Erzeugung eines gleichmäßigen Übergangs zwischen Bereichen mit unterschiedlichen Perspektiven (Patterson, 2000). Selbst wenn digitale Modellierungswerkzeuge und digitale 3D-Geodaten eingesetzt werden, ergibt sich ein längerer, manueller Herstellungsprozess (Premoze, 2002). Insofern stellt sich die Frage, wie dieser Prozess prozedural beschrieben und computergrafisch effizient implementiert werden kann, um panoramabasierte 3D-Darstellungen in interaktiven Anwendungen zu ermöglichen.

## 1.2 Interaktive multiperspektivische Ansichten

Die zentrale Herausforderung bei der Realisierung eines panoramabasierten Visualisierungsverfahrens besteht darin, die multiperspektivische Projektion computergrafisch zu spezifizieren und eine für beliebig gewählte Betrachterstandpunkte ausführbare Implementierung zu finden. Insbesondere ist es dazu notwendig, perspektivische Ansichten für geeignete Blickpunkte zu erzeugen und diese Ansichten innerhalb des Ergebnisbildes nahtlos zu „verschmelzen“. Weitere Verfahrensaspekte, wie z. B. die Generalisierung der Landschaftselemente, werden in diesem Beitrag nicht untersucht.

Eine im Vergleich zu Panoramakarten zusätzliche Anforderung ist die, dass der Nutzer einer interaktiven Anwendung einen punktförmigen Betrachterstandort im Bild möglichst gut erkennen soll, um so für sich die virtuelle Kamera in der geovirtuellen 3D-Umgebung zu verorten, die wiederum mit entsprechenden 3D-Navigationstechniken gesteuert werden kann. Die dann bei einer Interaktion entstehende Bildfolge muss eine räumlich-zeitliche Kohärenz aufweisen, damit der Benutzer auf die Bewegung der virtuellen Kamera rückschließen kann.

Eine besondere Gruppe multiperspektivischer Ansichten bilden Detail- und Überblicksvisualisierungen, die in inter-



aktiven 3D-Anwendungen verwendet werden, um zusätzliche Orientierungshilfen für den Nutzer bereitzustellen (Keahey, 1998); sie haben eine Schlüsselrolle als Werkzeuge zur Exploration und Analyse geovirtueller 3D-Umgebungen (Buchholz, 2005). Einfache Formen werden bereits in vielen 3D-Anwendungen eingesetzt: 3D-Computerspiele blenden häufig 2D-Übersichtskarten ein; moderne Navigationsgeräte modifizieren in 3D-Ansichten die Standardzentralperspektive so, dass der Himmel sichtbar wird (Takahashi, 2002). In Berann-Panoramen wird der plastische Horizont bzw. die Skyline bei städtischen Umgebungen im Sinne der Detail- und Überblicksdarstellungen als zusätzliche Orientierungshilfe genutzt.

## 2 Progressive und degressiver Perspektive

In diesem Artikel sollen zwei typische Betrachtungsvarianten geovirtueller 3D-Umgebungen untersucht werden:

1. *Vogelperspektive*: Sie bietet ähnlich zu Kartendarstellungen weitgehend verdeckungs- und verzerrungsfreien Überblick über die Umgebung.
2. *Fußgängerperspektive*: Sie ist ähnlich der 3D-Ansicht des Menschen auf seine Umgebung.

Wesentlich ist, dass der Nutzer in beiden Betrachtungsvarianten das Ortsbewusstsein während der Interaktion und Navigation möglichst gut erlangen und behalten kann. Selbst erfahrene Nutzer können die Orientierung verlieren, wenn die aktuelle Ansicht nicht genügend Referenzpunkte oder die Bildabfolge keine räumlich-zeitliche Kohärenz besitzt (Buchholz, 2005).

Die in diesem Beitrag vorgestellten Visualisierungsverfahren setzen diese beiden Ansätze integriert um. Hierzu werden zwei Formen der perspektivischen Darstellung unterschieden:

1. *Progressive Perspektive*: Sie arbeitet analog zum Prinzip der Panoramakarte nach H. C. Berann.
2. *Degressive Perspektive*: Sie repräsentiert eine dominante Fußgänger-

perspektive ergänzt durch eine Vogelperspektive.

### 2.1 Progressive Perspektive

Die Ansicht einer geovirtuellen 3D-Umgebung in der Vogelperspektive ähnelt einer klassischen Kartenansicht: Sind Standort und Orientierung bekannt, lassen sich Fragen wie „Was befindet sich in meiner Umgebung?“ oder „Wie komme ich zu einem Ziel?“ beantworten. Insbesondere die Ausrichtung der Ansicht bzw. Karte fällt ohne zusätzliche Orientierungshilfen (z. B. Kompass) jedoch schwer. Beranns Ansatz, den Horizont als Ausrichtungshilfe mit in die Darstellung aufzunehmen, schafft dafür Abhilfe, da die Kontur der Berge bzw. Skyline mit der realen Welt direkt verglichen werden kann. Somit lässt sich auch die Frage „In welche Richtung blicke ich?“ beantworten.

Die progressive Perspektive greift diesen Ansatz auf, indem sie folgende drei Bereiche miteinander in einer multiperspektivischen Ansicht visuell integriert (siehe Abb. 2):

1. Eine Vogelperspektive, die den momentan gewählten Hauptbereich der geovirtuellen 3D-Umgebung visualisiert;
2. ein aus niedriger Zentralperspektive betrachteter Horizont am oberen Bildrand;
3. ein vertikal schmaler, visuell nahtloser Übergangsbereich im Bild zwischen vogel- und zentralperspektivischer Darstellung.

Als Ergebnis erhalten wir eine Ansicht der geovirtuellen 3D-Umgebung, die in zwei ebene Sektionen unterteilt erscheint, die in Hinblick auf den zugrunde liegenden 3D-Modellraum durch eine gekrümmte Übergangszone verbunden sind. Im Sinne einer Detail- und Überblicksdarstellung stellt die Vogelperspektive Detail- und der Horizont Überblicksinformationen dar. Da Horizont und Übergangsbereich insgesamt einen geringen Anteil im Bild beanspruchen, kann ein hoher Informationsgehalt in der Detailbildregion erhalten werden. Dabei erlaubt der visuell nahtlose Übergang zwischen beiden Bereichen die intuitive

Übertragung der Ausrichtungsinformation vom Überblicks- auf den Detailbereich, so dass sich der Informationsgehalt und die Gebrauchstauglichkeit insgesamt erhöhen.

Um das Wesen der progressiven Perspektive in interaktiven Darstellungen zu wahren, muss der Horizont stets sichtbar sein (siehe Abb. 3). Die Vogelperspektive darf vom Nutzer mittels 3D-Navigationstechniken frei positioniert und im Blickwinkel verändert werden. Die Darstellung des Horizonts erfolgt dagegen mit festgelegtem Blickwinkel und mit einer automatisch zur Vogelperspektive angepassten Blickrichtung am oberen Bildrand. Dazwischen wird ein fließender Übergangsbereich genutzt, dessen Krümmung implizit vom Blickwinkel der Vogelperspektive abhängt. Der Detailbereich füllt jeweils nur einen fest vorgegebenen Bildbereich aus. Der dadurch fest im Bild verankerte Horizont bietet eine gute zeitliche Kohärenz während der Navigation, wodurch die Orientierung des Nutzers in der geovirtuellen 3D-Umgebung stark vereinfacht wird.

### 2.2 Degressive Perspektive

Die Fußgängerperspektive zur Ansicht geovirtueller 3D-Umgebungen knüpft an unsere alltäglichen Sehgewohnheiten an. Aufgrund des niedrigen Blickwinkels und des daraus resultierenden hohen Verdeckungsgrads kann der Betrachter jedoch kaum einen Überblick über eine Szene mit hoher Objektdichte gewinnen, ohne die Perspektive oder den Navigationsmodus zu wechseln. Somit lassen sich Fragen wie „Wo laufe ich gerade entlang?“ im Allgemeinen sehr gut, Fragen wie „Wohin führt mich meine Route?“ weniger gut beantworten.

Eine klassische Methode in interaktiven 3D-Anwendungen diesem Umstand zu begegnen, besteht darin, eine Übersichtskarte einzublenden. Sie erfordert vom Nutzer jedoch eine separate Auswertung und verlangt eine kognitiv anspruchsvolle Assoziation zwischen beiden bildlichen Darstellungen. Ansichten in der Fußgängerperspektive sind weiter dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildung des



Abb. 3: Multiperspektivische Ansicht in der progressiven Perspektive.

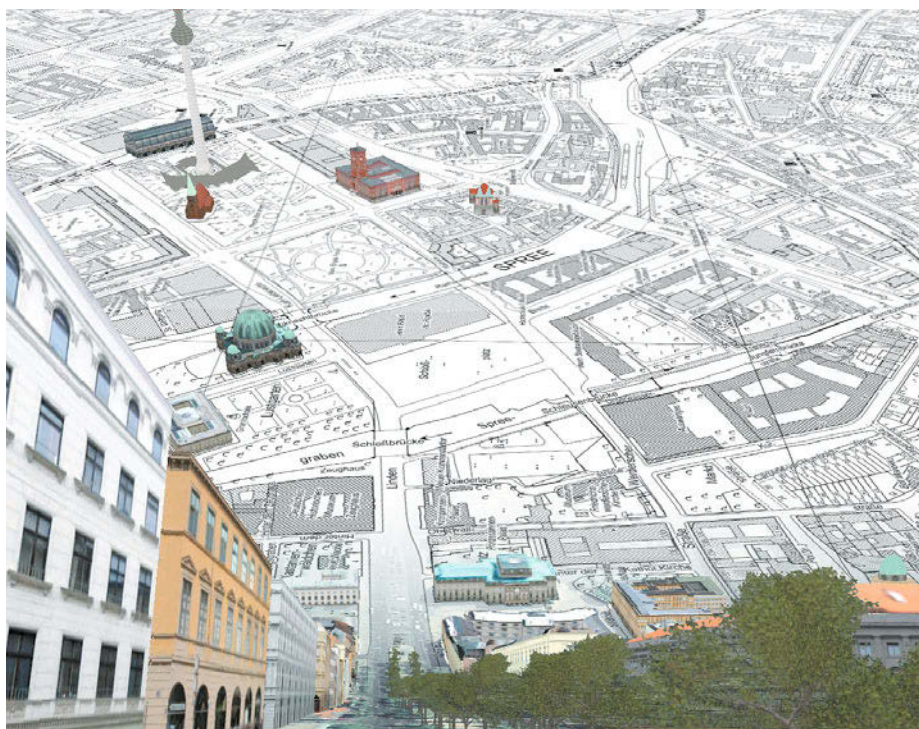


Abb. 4: Multiperspektivische Ansicht in der degressiven Perspektive.

Himmels einen mitunter signifikanten Anteil des Bildes einnimmt. Somit ist dieser Bildanteil informationstheoretisch kaum bzw. nicht genutzt. Eine multiperspektivische Ansicht kann hier deutliche Verbesserungen liefern: Die degressive Perspektive macht sich diesen Umstand

zu Nutze und ersetzt quasi den Himmelsbereich im Bild durch eine Vogelperspektive, die eine kartenähnliche Ansicht bietet. Um einen nahtlosen Übergang zwischen beiden Perspektiven sicherzustellen, zeigt die Vogelperspektive nicht wie bei einer Überblickskarte die Umge-

bung der virtuellen Kamera, sondern eine „Vorschau“ auf das Gebiet vor der Kamera. Dieses Gebiet erscheint, als wäre es nach oben geklappt (siehe Abb. 4).

Im Gegensatz zu anderen Visualisierungs- und Projektionstechniken (Vallance, 2001), die z. B. die geovirtuelle 3D-Umgebung auf die Innenseite eines Zylinders abbilden, bietet der hier vorgestellte multiperspektivische Ansatz bei vergleichbarem Sichtfeld den Vorteil zweier unverzerrter Zentralprojektionen. Lediglich im Übergang zwischen beiden Bereichen kommt es zu Verzerrungen, die eine intuitive Interpretation erschweren. Ein solcher Übergang ist jedoch für die mentale Verbindung beider Bereiche unerlässlich.

Ähnlich der progressiven Perspektive besteht die degressive Perspektive aus zwei Perspektiven: der *Detailansicht* (der ursprünglichen Fußgängerperspektive), die vom Nutzer mit 3D-Navigationstechniken frei positioniert und orientiert werden kann, und der *Überblicksperspektive* (der Vogelperspektive). Das Wesen der degressiven Perspektive lässt sich nicht durch eine feste Bildaufteilung erfassen. Stattdessen soll ein fester Anstellwinkel des Vorschaugebiets relativ zum Originalgebiet und damit eine konstante Krümmung im Übergangsbereich erzielt werden. Algorithmisch lässt sich dieser Zusammenhang erfassen, indem die Vogelperspektive einen relativ zum Betrachterstandort festen Blickpunkt und eine gekoppelte Blickrichtung verwendet.

Diese Konstruktion erlaubt es dem Betrachter, den Bildanteil der Überblicksperspektive zu verändern. Durch einfaches Nach-Oben-Schauen kann der Anteil der Vogelperspektive vergrößert werden bis die Fußgängerperspektive (im Extremfall) nicht mehr sichtbar ist.

### 2.3 Grafische Repräsentation von Detail- und Überblicksbereich

Die vorgestellten multiperspektivischen Darstellungen verbinden Detail- und Überblicksbereiche. Die vom Nutzer eingesetzten 3D-Navigationstechniken beziehen sich jedoch immer nur auf eine



der beiden Ansichten. Der Betrachter muss also stets wissen, welcher Bereich der Darstellung für die 3D-Navigation relevant ist. Misslingt diese Zuordnung, kann es zu Fehlinterpretationen, Orientierungsverlust oder fehlerhafter Navigation kommen (Zanella, 2002). Während die feste Bildstruktur (fixer Horizont) der progressiven Perspektive die Bereichsunterscheidung vereinfacht, ist bei der degressiven Perspektive eine Unterstützung durch grafische Unterscheidung unerlässlich. Zum einen überlappen sich beide Perspektiven, da die Vogelperspektive räumlich hinter der Fußgängerperspektive dargestellt wird und so zum Beispiel ein naher hoher Kirchturm weit in die Vogelperspektive hineinragt; zum anderen ist es möglich, dass eine der beiden Perspektiven durch extremen Blickwinkel gerade nicht sichtbar ist.

Konzeptionell lässt sich die kartographische Gestaltung in einer multiperspektivischen Ansicht einfach steuern: ein Parameter  $\alpha$  hat den Wert 0 in der Detailperspektive, den Wert 1 in der Überblicksperspektive und einen Wert zwischen 0 und 1 in der Übergangszone. Durch diesen Parameter lassen sich so dann die einzelnen perspektivischen Teilbilder der geovirtuellen 3D-Umgebung überblenden.

Die kartographische Gestaltung hat eine Reihe von Freiheitsgrade. Sie beinhaltet z. B. die grafische Erscheinung eines einzelnen Objekts der geovirtuellen 3D-Umgebung, wie z. B. Farbe, Material oder Textur. Sie kann außerdem unterschiedliche geometrische Repräsentationen eines Objekts auswählen, z. B. detaillierte und generalisierte Repräsentationen bzw. realitätsnahe und symbolisierende Objektvarianten. Weiter kann sie die zu visualisierenden Objekte dynamisch selektieren. Ebenso ist der Grad des Photorealismus, der beim 3D-Rendering verwendet wird, in der Gestaltung variierbar.

Bei der Wahl der kartographischen Gestaltung muss jedoch berücksichtigt werden, dass beide multiperspektivische Ansätze von einem möglichen direkten Vergleich der Orientierungshilfen mit der

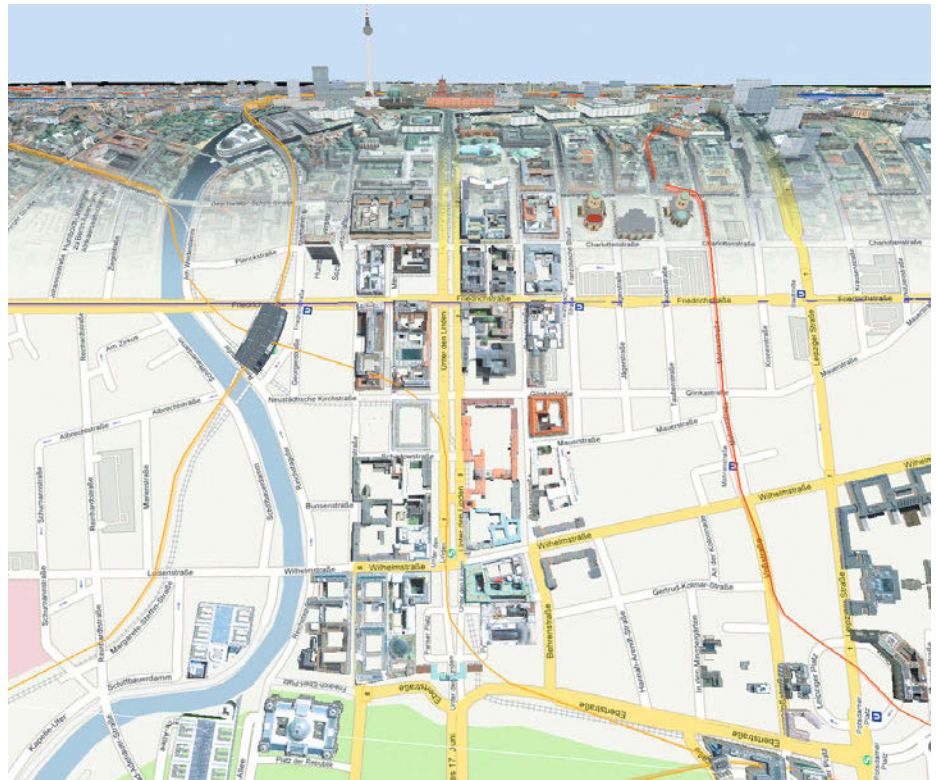


Abb. 5: Kombination unterschiedlicher Stile für Detail- und Überblicksbereiche in der progressiven Perspektive.

Wirklichkeit ausgehen. Der Horizont in der progressiven Darstellung bzw. die Fußgängerperspektive in der degressiven Darstellung sollten demnach eindeutig wieder erkennbare Elemente enthalten. Eine sinnvolle Kombination ist eine realistische Darstellung in Bereichen mit niedriger Perspektive und eine kartenähnliche Darstellung in Bereichen mit Vogelperspektive, wie sie auch in Abbildung 5 dieses Artikels veranschaulicht ist.

Neben Objekten der geovirtuellen 3D-Umgebung können weitere Informationen, z. B. Routen oder thematische Angaben, integriert werden, deren grafische Repräsentationen auch der Bereichsunterscheidung unterliegen. So lassen sich bereichsabhängig zusätzliche Informationsdimensionen darstellen bzw. kommunizieren (Keahey, 1998; Stone, 1994).

### 3 Echtzeitfähige Implementierung

Die 3D-Computergrafik kennt drei Ansätze,

um die hier vorgestellten Perspektiven technisch zu realisieren (Vallance, 2001):

- *Multiperspektivische Bilder* verwenden nichtlineare, nichtuniforme Projektionen für die Gesamtszene.
- *Reflexionen* stellen eine Szene nicht direkt, sondern als Spiegelung auf der Oberfläche eines intermediären nicht-planaren Objekts dar.
- *Deformationen* manipulieren die Szenengeometrie so, dass aus der konkreten Blickrichtung der Eindruck einer multiperspektivischen Ansicht entsteht.

Deformationen und Reflexionen verwenden computergrafisch beide eine klassische perspektivische Projektion zur eigentlichen Bilderzeugung, weshalb sich diese Techniken technisch effizient für aktuelle 3D-Grafikhardware eignen. Im direkten Vergleich tendieren Reflexionen jedoch zu schlechterer Darstellungsqualität als Deformationen, da das Endergebnis eine Verzerrung eines oder mehrerer Zwischenbilder ist. Deformationen dagegen lassen sich direkt während der Bilderzeugung auf die origi-

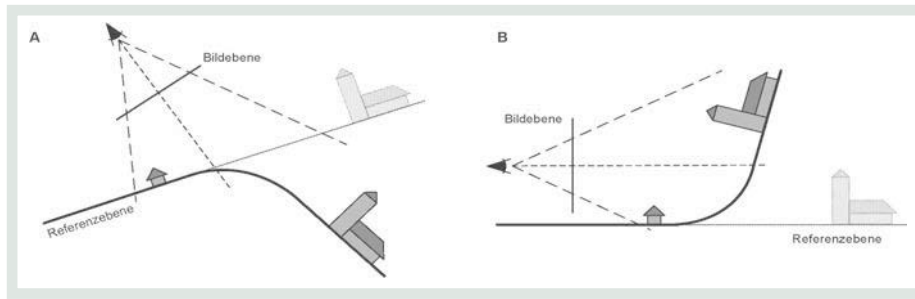


Abb. 6: Konzeptionelle Übersicht für progressive (A) und degressive Perspektive (B).

nale Geometrie anwenden. Die Erzeugung von Zwischenbildern oder das Speichern deformierter Geometrie ist nicht notwendig. Als Nebeneffekt entsteht kein Mehraufwand bei dynamischen Deformationen, da die Geometrie auch bei statischen Deformationen für jedes Bild neu manipuliert wird.

Für die Umsetzung als Deformation müssen die algorithmischen Beschreibungen der progressiven und degressiven Perspektive angepasst werden. Hierzu wird eine Referenzebene definiert, auf die globale Deformationen (Barr, 1984) angewendet werden. Da Objekte der geovirtuellen 3D-Umgebung ihre relative Lage zur Referenzebene beibehalten, wird die Deformation so auf die gesamte Umgebung übertragen.

Beide vorgestellten multiperspektivischen Ansichten verbinden zwei Zentralprojektionen. Als Deformation ausgedrückt, ist die Referenzebene dreigeteilt: zwei starre Teile, die mit einer flexiblen Zone verbunden sind. Dabei bleibt ein starrer Teil – auf den sich jeweils die Navigationsmetaphern beziehen – unverändert, während der andere starre Teil angeklappt wird. Diese Konstruktion wird durch drei Parameter beschrieben: eine Teilungsgerade zur Markierung des Beginns der flexiblen Zone, die Breite der flexiblen Zone und den Klappwinkel zwischen den beiden starren Teilen.

Bei der progressiven Perspektive (siehe Abb. 6 A) ergibt sich die Teilungsgerade aus der Projektion der entsprechenden Trennlinie vom Bildraum auf die Referenzebene. Der Klappwinkel ist durch den Blickwinkel bestimmt, da der Winkel zwischen Bildebene und geklapptem Teil

konstant sein soll. Die Breite der gekrümmten Zone wird aus der Breite der Übergangszone im Bild bestimmt.

Bei der degressiven Perspektive (siehe Abb. 6 B) befindet sich die Teilungsgerade in konstanter Entfernung vor der virtuellen Kamera. Die Breite der gekrümmten Zone und der Klappwinkel sind konstant.

Eine weitergehende Beschreibung einer echtzeitfähigen Implementierung des Ansatzes findet sich bei Lorenz (2008).

#### 4 Fazit und Ausblick

Dieser Beitrag stellt Ansätze und Überlegungen zu interaktiven multiperspektivischen Ansichten für geovirtuelle 3D-Umgebungen vor, die von Beranns Panoramakarten inspiriert wurden und konzeptionell in progressive und degressive Perspektiven unterteilt werden können. Multiperspektivische Ansichten bieten den Vorteil, dass sie höhere kartographische Gestaltungsfreiheitsgrade für die Projektion geovirtueller 3D-Umgebungen im Vergleich zu klassischen parallelen oder perspektivischen Projektionen bieten. Insbesondere vermögen sie den Bildraum in informationstheoretischer Hinsicht besser zu nutzen. Sie bieten zugleich einen effektiven Ansatz für eine Detail- und Überblicks-Visualisierung. Die Ansätze lassen sich z. B. auf Basis globaler geometrischer Deformationen auf heutiger 3D-Grafikhardware echtzeitfähig für komplexe geovirtuelle 3D-Umgebung implementieren. Damit werden interaktive 3D-Anwendungen, insbesondere zur Präsentation und Exploration virtueller 3D-Raummodelle in interaktiven Globen, um

eine leistungsstarke Projektions- und Visualisierungstechnik bereichert.

#### Danksagung

Die hier vorgestellten Arbeiten werden im Rahmen des InnoProfile-Projektes 3D-Geoinformationen ([www.3dgi.de](http://www.3dgi.de)) durchgeführt. Die Autoren danken dem deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung dieses Projektes innerhalb seines InnoProfile-Programms. Weiterhin danken die Autoren der Firma Autodesk (<http://www.3dgeo.de/>) für die zur Verfügung gestellte Implementierungsplattform LandXplorer und Renate Troyer-Berann für die Verwendungserlaubnis für die Panoramakarte in Abbildung 1.

#### Literatur

- (Berann): The World of H. C. Berann, url: <http://www.berann.com>
- Barr, A. H. (1984): Global and Local Deformations of Solid Primitives, in SIGGRAPH '84: Proceedings of the 11th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM, New York, NY, USA, pp. 21-30.
- Brosz, J., Samavati, F.F., Carpendale, M. T.S., Sousa, M. C. (2007): Single camera flexible projection, in Proceedings of the 5th international symposium on Non-photorealistic animation and rendering, ACM, New York, USA, pp. 33-42
- Buchholz, H. & Bohnet, J. & Döllner, J. (2005): Smart and Physically-Based Navigation in 3D Geovirtual Environments, in IV '05: Proceedings of the Ninth International Conference on Information Visualization, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 629-635.
- Hauser, H. (2003): Generalizing Focus+Context Visualization, in Scientific Visualization: The Visual Extraction of Knowledge from Data (Proc. of the Dagstuhl 2003 Seminar on Scientific Visualization), Springer, pp. 305-327.
- Jobst, M. & Döllner J. (2008): 3D City Model Visualization with Cartography-Oriented Design, in Proceedings of REAL CORP 2008, pp. 507-515
- Keahey, A. (1998): The Generalized Detail-In-Context Problem, in INFOVIS '98: Proceedings of the 1998 IEEE Symposium on Information Visualization, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 44-51.
- Lindstrom, P. & Pascucci, V.: 2002 Terrain Simplification Simplified: A General Framework for View-Dependent Out-of-Core Visualization, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 8(3), pp. 239-254.
- Lorenz, H. & Trapp, M. & Jobst & M., Döllner, J. (2008): Interactive Multi-Perspective Views of Virtual

3D Landscape and City Models, in Proceedings of the 11th AGILE International Conference on GI Science, Springer, pp. 301-321

*Patterson, T.* (2000): A View From on High: Heinrich Berann's Panoramas and Landscape Visualization Techniques For the US National Park Service, Cartographic Perspectives 36, 2000, pp. 38-65.

*Premoze, S.* (2002): Computer Generated Panorama Maps, in Proceedings 3rd ICA Mountain Cartography Workshop. 2002, Mt. Hood, Oregon.

*Roman, A. & Garg, G. & Levoy, M.* (2004): Interactive Design of Multi-Perspective Images for Visualizing Urban Landscapes, in VIS '04: Proceedings of the conference on Visualization 2004, IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 537-544.

*Stone, M. C. & Fishkin, K. & Bier, E. A.* (1994): The movable filter as a user interface tool, in Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, 1994, ACM, New York, USA, pp. 306-312.

*Takahashi, S. & Ohta, N. & Nakamura, H. & Takeshima, Y. & Fujishiro, I.* (2002): Modeling Surperspective Projection of Landscapes for Geographical Guide-Map Generation, in Computer Graphics Forum (21) 3, 2002, Blackwell Synergy.

*Vallance S. & Calder, P.* (2001) Multi-perspective images for visualization, in ACM International Conference Proceeding Series, Vol. 147, 2001, ACM, New York, USA, pp. 69-76.

*Yu, J. & McMillan, L.* (2004): A Framework for Multi-

perspective Rendering, in Alexander Keller & Henrik Wann Jensen, ed., Rendering Techniques 2004, Proceedings of Eurographics Symposium on Rendering 2004, EUROGRAPHICS Association, pp. 61-68.

*Zanella, A. & Carpendale, M. S. T. & Rounding, M.* (2002): On the effects of viewing cues in comprehending distortions, in Proceedings of the second Nordic conference on Human-computer interaction, 2002, ACM, New York, USA, pp. 119-128.

**Über die Verfasser:** ■ M.Sc. Haik Lorenz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Computergraphische Systeme und Leiter der Nachwuchsforschergruppe „3D-Geoinformationen“ am Hasso-Plattner-Institut der Universität Potsdam. Er befasst sich mit Texturen in virtuellen 3D-Stadtmodellen und technischen Grundlagen für innovative Darstellungen geovirtueller 3D-Umgebungen. ■ Dipl.-Inform. Matthias Trapp ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Computergraphische Systeme am Hasso-Plattner-Institut der Universität Potsdam. Seine Arbeit befasst sich hauptsächlich mit 3D-Echtzeit-Bildsynthese von 3D-Geovirtuellen Umgebungen. ■ Dr. rer.nat. habil. Jürgen Döllner ist Professor für Computergraphische Systeme an der Universität Potsdam und Leiter des Fachgebiets Computergraphische Systeme am Hasso Plattner-Instituts ([www.hpi3d.de](http://www.hpi3d.de)). Seine Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte liegen in den Bereichen 3D-Computergrafik, 3D-Rendering, Geovisualisierung, Softwarevisualisierung und Service-orientierte Architekturen.